

以改进的 BP 神经网络 计算开阔水域船舶碰撞危险度

程细得 刘祖源

(武汉理工大学, 武汉 430063)

摘要:本文以判断船舶碰撞危险的原始数据作为改进的 BP 神经网络输入,通过学习来确定船舶碰撞危险度,学习效果良好,与实际情况较吻合。

关键词:船舶避碰;BP 网络;碰撞危险度

Abstract:The improved B-P neural network is used, of which input is the initial data that is used to estimate the ship collision risk-degree. The conclusion of study has a good result, and is consistent with the reality.

Key words:ship collision avoidance; BP neural network; risk of collision

1 引言

在船舶避碰研究中,船舶碰撞危险度是一个十分重要的概念。对于碰撞危险度的问题,长期以来众多国内外专家学者进行了深入的研究,取得了很多成果^[1~7]。例如将碰撞危险分为主观危险度与客观危险度,有的又将其分为宏观碰撞危险度与微观碰撞危险度等,这在一定程度上反映了碰撞危险度的复杂性。国内外对碰撞危险度的研究最初是基于交通流理论,以船舶会遇率(或会遇次数等)、特定水域历史碰撞事故等,来评价特定水域的碰撞危险。日本学者藤井、英国学者 Goodwin 等,他们从微观的角度,根据人体行为学及心理学等,以船舶领域或动界评价碰撞危险度。

国内的朱晓琳提出“主观领域”的概念,在一定程度上能反映了碰撞危险性中的主观性。以长泽明和 Davis 等人为代表,他们认识到在确定船舶碰撞危险度时,应该综合考虑 DCPA 和 TCPA 两方面的影响,但在其研究中,这两方面对碰撞危险度影响的综合还不是十分深入。鹤田三郎等曾用此方法把危险度按等级划分。今津隼马和小山键夫、Kearon、Holmes 等人采取 DCPA 与 TCPA 加权方法。这种方法由于各量的量纲不同,在加权时存在明显的不足。岩崎宽和原洁、长谷川和彦与上月明彦等人。他们在确定碰撞危险时,采取了模糊理论综合考虑 DCPA 和 TCPA 对碰撞危险的影响。这种研究虽然选取了较为合适的数学方法,但除考虑 DCPA 和 TCPA 影响外,对其它因素的考虑较少,并且建立的模型在使用上十分复杂。

目前普遍采用最近会遇距离 DCPA 和到最近会遇点 CPA 的时间 TCPA 作为判定碰撞危险度的衡准指标。以人工神经网络计算船舶碰撞危险度是避碰研究中取得的又一重大成果。当前国内外涉及这方面的文献相对较少,从研究的现状看都存在不利于快速计算碰撞危险度这一缺陷。这是由于在以人工神经网络计算碰撞危险时,作为网络的输入所采取的都是计算碰撞危险度的中间结果,而不是原始数据;另外,确定碰撞危险度的因素也相对较少。那么能否以尽量多的因素作为神经网络的输入,并使网络蕴涵确定碰撞危险度的各种知识,并最终实现快速确定碰撞危险度。

本文正是基于此目的,选取与碰撞危险相关的原始数据作为网络输入,使得网络能蕴涵确定碰撞危险度的各种知识,通过设计改进型 BP 神经网络,实现网络快速而准确地计算出碰撞危险度。从而为智能避碰提供重要的依据。

2 改进型 BP 神经网络

BP 算法的改进主要有两种途径:一种是采用启发式学习方法,另一种则是采用更有效的优化算法^[8,9]。本文对 BP 算法的改进旨在提高学习速度,减小误差,克服局部极小以及网络单元设置上做了一些工作。

误差函数作为网络权值函数,是多维空间的一个曲面,这个曲面是比较平坦的,存在一些局部谷地(局部最小点),学习过程可以看成是在这个曲面上找一条下降最快的路线,逼近全局最小点,为了加快网络训练速度,避免陷入网络训练的局

部最小而导致网络不能收敛,采取了以下措施加以改进。

1) 动态学习率

学习率的确定是 BP 算法中最困难、也是最关键的一个问题。从优化理论讲,BP 算法是一种梯度下降搜索法,BP 算法中的学习率就是梯度下降法的步长。本文采用改进算法是基于牛顿迭代法。这种方法能够减小学习的循环次数,从而减小学习时间。

2) 附加冲量项

洛曼哈脱(Rumelhart),享顿(Hinton)和威利姆司(Williams)1986年提出了一种改善训练速度的方法,称为冲量法。这种方法保证了网络训练的稳定性,使网络没有太大的幅度的震荡,虽然这种在网络开始训练时看起来降低了收敛速度,但在网络已经收敛到一定程度时,将每次权重调节量对下一次调节都有影响,防止了网络震荡。

3) 网络加速算法

根据上述两种方法的改进,在权重调节系数和附加冲量调节系数方面具体调节方法是:在调节过程中视情况选择权重调节系数和附加冲量系数的值,如果某次修正使误差减速小,则下一次的权重调节系数乘以一个大于1的因子,否则,置附加冲量系数为0,权重调节系数乘以一个小于1的因子,直到又能使误差减速小时使附加冲量系数恢复原值。这样一来,网络收敛速度大大提高。

4) 网络初始权值的选取

由于网络不可能从初始权值完全相同的结构运行到一个非等权值的结构,故采取随机产生网络初始权值。实际中随机数的选取应当取较小点,然后再一一试取。

3 人工神经网络计算碰撞危险度

3.1 网络输入

本文选取作为判断碰撞危险度的原始数据:来船航速、来船航向、与来船的相对距离、与来船的相对舷角作为四个网络输入。而这四个值可由 ARPA 雷达得到。由于本文是讨论开阔水域的船舶碰撞危险度的问题,设定本船的速度为一常量,且航向为一一定,船舶在通过雷达导航时,所看到的是本船位于雷达中心点,视为不动点,所以本船的航速及航向均不作为网络的输入。这也与实际情况十分符合。

3.2 网络层数的确定

关于神经网络层数的选择比较复杂。一般而言,隐单元数与层数有关,层数增加时,函数映射复杂性增大,可以形成更为复杂的分类边界,提高分类精度,从而有利于减小隐单元数,但收敛速度可能降低。其最佳选择是期望函数映射性能恰好能使网络形成领域问题所需的分类边界,既能解决分类问题,又不至于影响收敛速度。

增加隐层结点可以改善网络与训练组匹配的精确度,然而为了改善网络的概括能力,即对新图形的适应性,则要求适当减少隐层结点。因此,还要通过试验选择最佳隐结点数。

经过多次试验,本文选择一个有四个输入结点的输入层、一个含有9个结点的隐含层、只有一个输出结点输出层的改进 BP 神经网络。对于隐层没有理论说明该如何设置隐含层节点数,一般都认为是 $2n+1$ 个,经过多次实验,本文最后以 4-9-1 这种结构。网络的拓扑结构如图1所示。

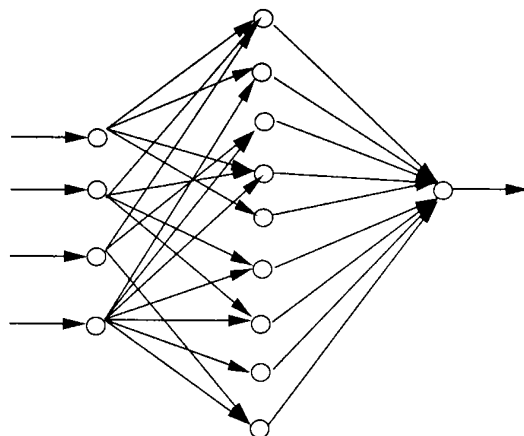


图1 网络的拓扑结构

3.3 网络实现

此网络使用MATLAB 软件包的神经网络工具箱进行建模^[10],随机选取了84艘来船的航向、航速、相对本船舷角、相对距离,经过650次训练,使网络误差达到0.003。用经过训练的BP网络确定碰撞危险度,并与实际计算结果进行比较,网络学习结果如图2:

图中表明,本网络通过学习具有良好的效果,与实际情况基本吻合,可以作为实际航行过程中的参考依据。

4 预报实例

应用上述改进的 BP 神经网络模型预报了一

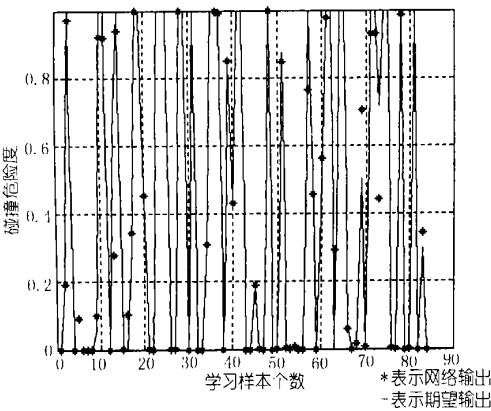


图2 网络学习结果曲线分布图

艘航速 14 kn,航向 60°与 4 艘来船相遇的碰撞危险度,其结果见表 1,与实际航行过程比较符合。

表1 预报结果

目标船	来船航速	来船航向	相对舷角	相对距离	预报结果
1	16	125	315	3.75	0.66
2	8	36	15	5.00	0.41
3	15	1	42	4.00	0.50
4	16	27	102	3.00	0.36

5 结束语

利用神经网络计算碰撞危险度本文不是第一个提出,但本文利用改进型 BP 神经网络,通过选取作为判断危险度的原始数据作为网络输入,从而实现了网络的快速的计算,而且通过仿真,精度较高,与实际情况相符合。

通过利用改进型 BP 神经网络计算危险度,可进一步考虑更多的外界环境因素对船舶碰撞危险的影响,比如考虑风浪流及能见度等综合影响。

参考文献

1 Hideyuki K.Mathematical models for analysis of ship collision risk[J] . Navigation , 1986,87:27 - 33

2 佟宝德,石受国,岳峰等.论船舶避碰自动化系统[A] .中日航海学会论文集[C] ,1998.12 ~ 18

3 Kuniji K, Sadahanu K, Kazuhiko T. An expert system for collision avoidance and its application to marine traffic simulations under traffic lane regulation[J] . The Journal of Japan Institute of Navigation, 1990,84: 165 ~ 171

4 Oppe D W .Optimal Collision Avoidance[J] . Journal of the Institute of Navigation, 1980,26(4) :296 ~303

5 朱晓琳.船舶避碰的自适应模糊专家系统研究.[D] .华中科技大学博士论文,2000

6 Iwasaki H, Hara K. A fuzzy reasoning model to decide the collision avoidance action[J] . The Journal of Japan Institute of Navigation , 1986, 75:67 ~70 .

[7] Kazunari Y, Kobuo A. A study on man - machine system in vessel traffic flow[J] . The Journal of Japan Institute of Navigation , 1988, 82:1 ~ 12

8 胡守仁等.神经网络导论.长沙:国防科学技术出版社,1993

9 焦李成.神经网络计算.西安电子科技大学出版社.1993

10 闻新,周露,王丹,熊肖英等. MATLAB 神经网络应用设计.北京:科学出版社,2000

(上接第 90 页)

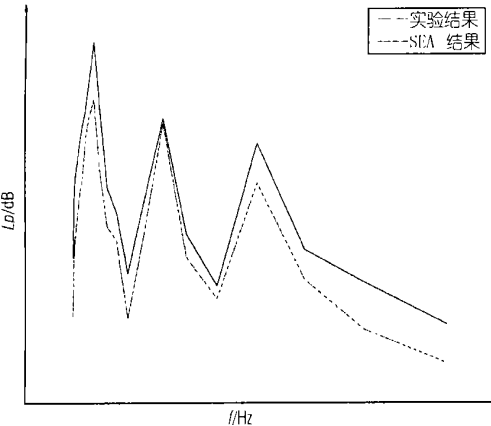


图2 SEA 与实验结果对比曲线

产生误差的原因在于计算中选取的 SEA 参数不完全是从实验中得到的,但误差仍在允许的范围内。

5 结论

本文给出的统计能量分析结果与实验结果的比较可以看出,计算结果与实验结果基本吻合,证实本文方法是可行的。

参考文献

1 R.H.Lyon . Statistical Energy Analysis of Dynamical Systems Theory and Application. M.I.T. Press. 1975

2 姚德源,王其政.统计能量分析原理及其应用.北京理工大学出版社,1995

3 蔡承德,陈永琴,张龙.统计能量法在分析船舶结构噪声中的应用.中国造船,1992,(1) :58 ~ 69

4 叶敏,郎作贵,郝志勇.复杂系统振动能量平衡方程中 SEA 参数的测定.内燃机学报,1998,16(4)

5 S. Finnveden. A Symmetric Formulation for Experimental Statistical Energy Analysis. Journal of Sound and Vibration, 1999,223(1) : 161 ~ 169